

**Секция 8. Химическая технология полимерных материалов**

бору уникальных свойств углеродные нанотрубки являются превосходными наполнителями для получения полимерных композиций с улучшенными характеристиками. По мимо этого, поверхность углеродных нанотрубок может быть модифицирована различными органическими функциональными группами благодаря использованию солей диазония [3].

В настоящее время в качестве мономера для получения одних из наиболее перспективных конструкционных материалов все чаще используется дициклопентадиен (ДЦПД) [4]. Важной задачей является разработка и исследование свойств композитов полученных на основе ДЦПД и наполненных наноразмерными [5].

Нами был разработан новый метод получения сшитого трехмерного композиционного материала на основе полиДЦПД, наполненного поверхностно-модифицированными однослойными углеродными нанотрубками (ОСУНТ). В качестве катализаторов для проведения полимеризации использовались рутениевые катализаторы Граббса второго поколения. Данные ката-

лизаторы реагируют с мономером по механизму метатезисной полимеризации олефинов с раскрытием цикла (ROMP).

Для проведения эксперимента были использованы стандартные однослойные углеродные фирмы OCSIAL, торговой марки TUBALL и ОСУНТ той же марки, но с модифицированной поверхностью. В ДЦПД было добавлено 0,1 % масс ОСУНТ и равномерно распределены в мономере ультразвуковым диспергатором с последующей дегазацией.

Были исследованы механические свойства полученного композиционного материала. Было установлено, что образование сильной ковалентной связи между модифицированными углеродными нанотрубками и полимером привело к увеличению прочностных характеристик. Так, модуль упругости при изгибе и модуль упругости при растяжении полученного композиционного материала увеличивается на 20% и 10%, соответственно, по сравнению с использованием не модифицированного наполнителя.

**Список литературы**

1. Hsu C.-S. et al., *J. Am. Chem. Soc.*, 2010, 132, 4887–4893; Garsia E., Tiwari R., *Smart Materials and Structures*, 2011, 20, 083001; Chehimi M. et al, *Colloids and Surfaces A*, 2013.– 439.– 43–68.
2. Karousis N., *Chem. Rev.*, 2010, 110, 5366–5397; Huang X.-J. et al., *Nanoscale*, 2012, 4, 1948–1963.
3. Peng S. et al., *J. Appl. Polym. Sci.*, 2012, 129, 1045–1052; Wang X. et al., *Polymer-Plastics Techn. & Engin.*, 2013, 52, 586–591; Vallons K.A.M. et al., *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2015.– 78.– 191–200.
4. Gibson R.F. *Composite Struct.*, 2010, 92, 2793–2810; Fina A., Han Z. *Prog. Polym. Sci.*, 2011, 36, 914–944; Zhang L.W. et al. *Composite Struct.*, 2015.– 120.– 90–97.
5. Slugovc, C. (2014) *Industrial Applications of Olefin Metathesis Polymerization*, in *Olefin Metathesis: Theory and Practice* (ed K. Grela), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.

**СИНТЕЗ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЛАКТИДА**

М.А. Чудинова

Научный руководитель – к.х.н., доцент В.Т. Новиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, [chudin.m@yandex.ru](mailto:chudin.m@yandex.ru)

В настоящее время в развитии технологии производства полимеров наблюдается тенденция к увеличению экологичности производства и уменьшению воздействия их продукции на окружающую среду. В связи с этим большое внимание уделяется полимерам на основе материалов, поддающихся биохимическому разложению, для экологической упаковки [1]. Очень перспек-

тивно применение биоразлагаемых полимеров в медицине для изготовления различных изделий: хирургические рассасываемые шовные материалы, эндопротезы, матриксы, плёночные системы и микросферы для пролонгированной доставки лекарственных веществ [2, 3], имплантаты различного назначения [4, 5].

Одним из самых крупнотоннажным биораз-

лагаемым биорезорбируемым полимером является полилактид, получаемый из молочной кислоты (МК) различными методами [1, 2].

Прямое получение из МК высокомолекулярного полилактида, необходимого для медицинских целей затруднено, так как выделяющаяся в процессе прямой поликонденсации вода выступает регулятором молекулярной массы и не дает получить нужный продукт.

Для устранения данной проблемы обычно используют комбинированный метод, по которому в начале получают из молочной кислоты лактид, который далее полимеризуют с раскрытием кольца лактида [6, 7]. Однако, хотя данный способ и позволяет получить полимер с большей молекулярной массой, но она не всегда достаточна для получения прочных изделий с широкой областью применения.

Существует эффективный способ получения высокомолекулярных полилактидов ( $M_n \geq 500000$ ) путем модификации их бифункциональными соединениями: гликолями, дикарбоновыми кислотами, диаминами и т.д. [8, 9]. Модификация представляет собой реакцию поликонденсации исходного полимера с вышеуказанными соединениями.

Основной целью работы было выявить лучший модификатор, приводящий к наибольшему увеличению молекулярной массы исходного низкомолекулярного полимера ( $M_n$  около

200000) с сохранением необходимых свойств полимера.

Полилактид подвергался воздействию следующими модификаторами: этиленгликолем, щавелевой кислотой, винной кислотой, лимонной кислотой и полипропиленгликолем.

Поскольку в ходе этой реакции выделяется вода, то поликонденсацию проводили с азеотропной отгонкой воды. В качестве азеотропообразователя был выбран хлороформ. Все модификаторы брались в одинаковом количестве (0,1% от массы исходного полимера), в качестве катализатора использовали октоат олова.

Синтез проводили при атмосферном давлении и температуре кипения азеотропной смеси хлороформ–вода.

Молекулярная масса полученных модифицированных полимеров определялась вискозиметрически и ГПХ.

Эксперименты показали, что реакция со всеми модификаторами приводит к увеличению молекулярной массы исходного полилактида. Наибольшее увеличение молекулярной массы достигалось при синтезе полимера с щавелевой ( $M_n = 480000$ – $510000$ ), лимонной ( $M_n = 6800000$ – $720000$ ), кислотами и полипропиленгликолем ( $M_n = 6500000$ – $700000$ ). При этом пленки этих полимеров оставались эластичными.

### Список литературы

1. Smith R. *Biodegradable polymers for industrial applications*. Woodhead Publishing Limited, CRC Press, 2005. – P.516.
2. Bastioli C. *Handbook of Biodegradable Polymers*. Rapra Technology Limited, 2005. – P.549.
3. Дженкинс М. *Полимеры в биологии и медицине*. – М.: Научный мир, 2011. – 256с.
4. SU 2357709 C1 МПК 5 A61F9/007 A61F2/14, опубли. 10.06.2009.
5. SU 2316290 C2 МПК 5 A61F2/00, D06M16/00, опубли. 10.02.2008.
6. Яркова А.В., Шкарин А.А., Похарукова Ю.Е., Новиков В.Т. // *Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология*, 2014. – Т.57. – №11. – С.66–68.
7. US 5357035 A US08/122,145 опубли. 18.04.1994.
8. GB804117 AC07C69/68C07C255/00, опубли. 5.11.1958.
9. US 005084553 A C08G63/06, C09D167/04, опубли. 31.10.90.